

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-102510

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月13日

(51) Int.Cl.⁶

G 1 1 B 5/66

識別記号

F I

G 1 1 B 5/66

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-265445

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月30日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 本多 幸雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 平山 義幸

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 稲葉 信幸

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置

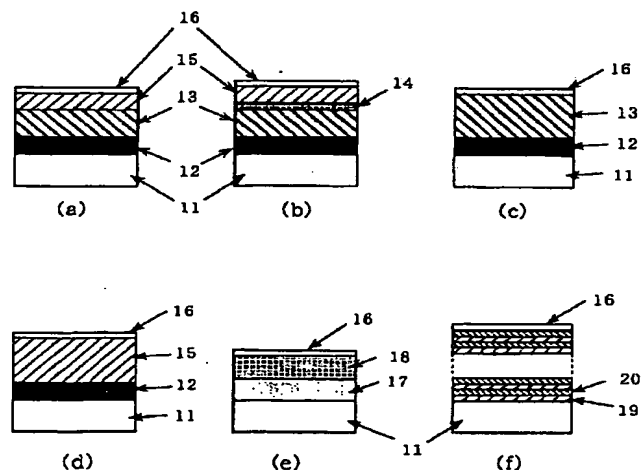
(57) 【要約】

【課題】 従来技術による媒体構造の改良により媒体ノイズの低減が促進されたが、垂直磁気記録における媒体ノイズの起源であるところの、磁化方向と逆向きに形成される逆磁区およびこれに伴う不規則磁区の低減効果は得られていない。

【解決手段】 本発明は、基板上に垂直磁気異方性の異なる少なくとも2層以上の磁性膜を形成し、前記磁性膜において基板面から遠い側の第2の磁性膜の垂直磁気異方性を基板面に近い側の第1の磁性膜の垂直磁気異方性に比べて等しいか大きくし、基板面に近い側の第1の磁性膜の磁氣的孤立性を向上させる、いわゆる各々の磁性膜に役割分担を付与する。

【効果】 媒体ノイズの原因となる記録磁区の磁化遷移の揺らぎ構造が小さく、かつ不規則磁区構造の無い、再生信号の高S/N特性を有する超高面記録密度の磁気記録に好適な磁気記録媒体および磁気記録装置を提供できる。

図 2



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上に形成した磁性膜の磁化容易軸が基板面に垂直方向に配向した磁気記録媒体であって、該磁性膜が少なくとも 2 層以上の磁性膜で構成されており、該磁性膜の膜面垂直方向の磁気異方性定数が異なる磁性膜で構成されており、基板面に近い側の磁性膜の垂直磁気異方性定数 K_{u1} に比べて基板から遠い側の磁性膜の垂直磁気異方性定数 K_{u2} が等しいか大きいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】上記基板上に磁性膜の構造制御用の下地層を形成し、この上に少なくとも 2 層以上の膜面垂直方向の垂直磁気異方性定数が異なる磁性膜を形成してなることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】上記基板上に磁性膜の構造制御用の下地層を形成し、この上に少なくとも 2 層以上の膜面垂直方向の垂直磁気異方性定数が異なる磁性膜であって、基板面に近い側の磁性膜と基板から遠い側の磁性膜の間に非磁性層を形成してなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】上記基板上に形成した下地層及び磁性膜がエピタキシャル的に成長した膜であることを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】上記磁性膜が膜面垂直方向の磁気異方性定数が異なる少なくとも 2 層以上の磁性膜で構成されており、該磁性膜において基板から遠い側の磁性膜の垂直磁気異方性定数 K_{u2} が $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ より大きいことを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれかに記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】上記該磁性膜の基板面に近い側の磁性膜の膜厚 (t_1) が、基板から遠い側の磁性膜の膜厚 (t_2) に比べて大きい ($t_1 \geq t_2$) ことを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれかに記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】上記該磁性膜は、Co を主成分とし、これに Cr, Fe, Mo, V, Ta, Pt, Si, B, Ir, W, Hf, Nb, Ru, Ni および希土類元素の中から選ばれる少なくとも 1 種類以上の元素または含んでなることを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 8】請求項 1 から 7 までに記載された垂直磁気記録媒体を用いたことを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 9】請求項 1 から 7 までに記載された垂直磁気記録媒体を用い、磁気ヘッドとしてリング型磁気ヘッドを用いたことを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、再生ノイズが小さく高密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、実用的に用いられている磁気記録

2

方式は、磁気記録媒体面に平行に、かつ磁極の N 極と N 極、S 極と S 極を互いに突き合わせる方向に磁化して磁気記録を行う面内磁気記録方式である。面内磁気記録において線記録密度を向上するには、記録時の反磁界の影響を減少するために記録媒体である磁性膜の残留磁化 (B_r) と磁性膜厚 (t) の積を小さくし、保磁力を増大する必要がある。また磁化遷移から発生する媒体ノイズを減少するために、磁性膜の磁化容易軸を基板面に平行に配向させと共に、結晶粒径の制御が必要である。磁性薄膜の結晶配向性や粒径を制御するために、基板と磁性膜の間に構造制御用の下地層を形成する。

【0003】磁性膜としては、Co を主成分とし、これに Cr, Ta, Pt, Rh, Pd, Ti, Ni, Nb, Hf などを添加した Co 合金薄膜が用いられる。磁性薄膜を構成する Co 合金は、主として六方稠密格子構造（以下、hcp 構造という）の材料を用いる。この結晶の c 軸、 $\langle 001 \rangle$ 方向に磁化容易軸を持ち、この磁化容易軸を面内方向に配向させる。磁性薄膜の結晶配向性や粒径を制御するために、基板と磁性膜の間に構造制御用の下地層を形成する。下地層としては、Cr を主成分とし、これに Ti, Mo, V, W, Pt, Pd などを添加した材料を用いる。磁性薄膜は真空蒸着法やスパッタリング法により形成する。前記したように、面内磁気記録において媒体ノイズを小さくし線記録密度を向上するには、磁性膜の残留磁化 (B_r) と磁性膜厚 (t) の積を小さくする必要があり、このために磁性膜の膜厚を 20 nm 以下まで薄くし結晶粒の微細化が検討されている。しかしこのような媒体では、熱揺らぎにより記録磁化減少する極めて重大な課題があり、高密度記録の障害となっている。

【0004】一方、垂直磁気記録方式は、記録媒体面に垂直に、かつ隣り合う記録ビットが互いに反平行に磁区を形成する記録する方式であり、記録ビットの境界での反磁界が小さくなる利点があり、高密度磁気記録の有効な手段の一つである。

【0005】面内記録による高密度記録のためには、前記したように磁性膜の厚さを 20nm 以下にする必要がある。この場合、熱的な揺らぎにより記録磁化が消失する問題がある。これに対して垂直記録では、面内記録に比べて磁性膜厚を厚くでき、記録磁化を安定に保持できる利点がある。垂直記録において、磁化遷移から発生する媒体ノイズを減少し、線記録密度を向上するために、磁性膜の磁化容易軸を基板面に垂直に配向させると共に、結晶粒径の制御が必要である。

【0006】磁性膜としては、Co を主成分とし、これに Cr, Ta, Pt, Rh, Pd, Ti, Ni, Nb, Hf などを添加した Co 合金薄膜が用いられる。磁性薄膜を構成する Co 合金は、主として六方稠密格子構造（以下、hcp 構造という）の材料を用いる。この結晶の c 軸、 $\langle 001 \rangle$ 方向に磁化容易軸を持ち、この磁化容易軸を垂直方向に配向させる。磁性薄膜は真空蒸着法やスパッタリング法により形成する。

3

磁気記録したときの線記録密度や再生出力を向上し、再生ノイズを減少させて磁気記録特性を向上するために、上記のCo合金薄膜のc軸の垂直配向性を向上すると共に、結晶粒径の制御が必要であり、このために基板と磁性膜の間に構造制御用の下地層を形成するなどの改善策が従来から行われている。

【0007】しかしながら、数Gb/in²以上、特に10Gb/in²以上の超高密度磁気記録を実現するには、線記録密度の向上の他に再生信号に含まれるノイズ、特に媒体の微細構造に起因する媒体ノイズの低減が重要である。このためには磁性薄膜の結晶配向に加えてより高度な薄膜構造の制御が必要である。媒体ノイズの低減のために従来様々の改良が試みられている。例えば、(1)磁性粒子間の磁気的相互作用を小さくするためにCoCr系合金中の非磁性Crを結晶粒界や粒内に偏析させる方法、(2)スパッタリングガス圧力を制御することにより磁性粒子を形態的に孤立させる方法などである。このような従来技術による媒体構造の改良により媒体ノイズの低減が促進されたが、垂直磁気記録における媒体ノイズの起源であるところの、磁化方向と逆向きに形成される逆磁区およびこれに伴う不規則磁区の低減効果は得られていない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、基板上に形成する垂直磁化膜の垂直磁気異方性や結晶配向、あるいは磁性粒子間の相互作用を制御することによって、磁気記録したときの微細な磁区構造を制御し、優れた低ノイズ特性を有し超高密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体およびこれを用いた磁気記録装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に垂直磁気異方性の異なる少なくとも2層以上の磁性膜を形成し、前記磁性膜において基板面から遠い側の第2の磁性膜の垂直磁気異方性を基板面に近い側の第1の磁性膜の垂直磁気異方性に比べて大きくし、基板面に近い側の第1の磁性膜の磁気的孤立性を向上させる、いわゆる各々の磁性膜に役割分担を付与することにより、前記の目的を達成する。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施例を挙げ、図面を参照しながら詳細に説明する。図において、同一の符号を付したものは、同じ性能特性を有する部分を示す。

【0011】図1により、本発明の磁気録装置の一実施例を説明する。磁気記録装置は、磁気ディスク1、記録再生用の磁気ヘッド2、磁気ヘッドを支持するサスペンション3、アクチュエータ4、ボイスコイルモータ5、記録再生回路6、位置決め回路7、インターフェース制御回路8などで構成される。磁気ディスク1は、ガラス基板、Si基板、NiP被覆アルミニウム基板、カーボン基

4

板など円盤状の基板上に磁性膜の結晶配向性などの構造制御用の下地層、この上に形成された磁性膜、および保護膜などで構成され、保護膜上には潤滑膜を被覆した磁気録媒体である。磁性膜は、Coを主成分としこれにCr, Pt, Ti, Ru, Ta, W, Mo, Pdなどを添加したを用い、磁性膜の磁化容易軸を基板面に垂直方向に配向させる。磁性膜の磁化容易軸を基板面に垂直に配向した垂直記録媒体を得るために、構造制御用の下地層として非磁性のCoCr合金、Ti, TiCr合金あるいはこれらにPt, Ru, Ta, Mo, Pdなどを添加したhcp構造の多結晶もしくは非晶質下地層やSi, Geなどの非晶質下地層を用いる。

【0012】磁気ヘッドは、スライダー、この上に設けられた磁気記録用ヘッドの磁極および記録信号再生用の磁気抵抗効果型、巨大磁気抵抗効果型、もしくはスピントラップ型素子あるいは磁気トンネル型素子で構成される。磁気記録時のトラック端部の記録磁区の乱れを低下するために記録用ヘッドのトレーリング側、リーディング側磁極のトラック両端部は揃っていることが望ましい。再生用ヘッドのトラック幅は、前記の記録用ヘッド磁極のトラック幅より狭いことが、記録トラック両端部から生じる再生ノイズを低減するのに好適である。

【0013】磁気ヘッド2は、サスペンション3によって支持され、かつ磁気ヘッドが磁気ディスクの内周側から外周側に向かって移動したときに生ずるヨー角を補正する機能が設けてある。

【0014】図2により、本発明の内容を更に詳細に説明する。

【0015】基板11は、表面に熱酸化Si膜を形成した円盤状のSiディスクを用いた。基板としては、Siディスクの他にガラス基板、NiP被覆Al基板、カーボン基板、あるいは高分子基板などを用いることができる。洗浄した基板11をスパッタリング装置に設置し、 1×10^{-8} Torrの真空まで排気した。続いて基板11を230℃に加熱して、磁性膜の結晶粒径や磁気異方性の制御を行うための下地層12を形成した。下地層12は、この上に形成する磁性膜の種類により任意に選ぶことができる。磁性膜としては、六方稠密構造、体心立方格子構造、面心六方格子構造、あるいは斜方晶構造の材料を用いることができ、例えば磁性膜としてCoを主成分とするhcp(六方稠密構造)構造の材料を用いる場合、最も一般的にはTi, Ta, Ru, Hf, Co, などのhcp構造の材料を主成分とし、これにCr, V, Wなどを添加した材料や、あるいはSi, Geを始めとする非晶質状の材料を選択することが可能である。また下地層12としては、単一の材料からなる1層構造の下地層、あるいは異種の材料からなる2層以上の構造からなる下地層を用いることができる。本実施例では、基板11上に第1の下地層としてhcp構造のTi-10at%Cr合金膜を膜厚30nm形成し、更にこの上にCo-35at%Cr合金からなる非磁性の合金膜を厚さ20nm形成した

2層下地層の構成とした。下地層 1 2 はhcp構造を有し、その成長方位は<002>方位が基板面に垂直に配向していた。

【0016】この上に引き続き同一真空中で記録膜となる磁性膜、保護膜を順次形成した。本発明の一実施例の媒体Aは、図 2 (a)に示すごとく、前記下地層 1 2 の上に第 1 磁性膜 1 3 として磁気的な孤立性の良い材料からなる薄膜を形成し、更にこの上に第 2 磁性膜 1 5 として膜面垂直方向の垂直磁気異方性定数Kuが前記の第 1 磁性膜に比べて大きい磁性膜を形成して構成される。磁性膜としては、Coを主成分とし、これにCr, Fe, Mo, V, Ta, Pt, Si, B, Ir, W, Hf, Nb, Ru, Niおよび希土類元素の中から選ばれる少なくとも 1 種類以上の元素または含んだ材料を用いることができる。第 1 磁性膜 1 3 と第 2 磁性膜 1 5 は、これを構成する薄膜の結晶構造は同一でも、あるいは異なっても良い。媒体Aにおける第 1 磁性膜 1 3 としては、例えばCo-17at%Cr-3at%Ta合金やCo-15at%Cr-10at%Pt-3at%Ta合金など、Cr, Mo, V, Ta, Pt, Si, B, Ir, W, Hf, Nb, Ruなどの非磁性元素を多量に添加材料を用いることができる。これら第 1 磁性膜は非磁性のCrやTaなどの添加により磁性結晶粒の粒界や粒内に非磁性層や弱磁性層を局部的に偏析させることができ、磁性粒子の磁気的孤立性を向上する効果が電子顕微鏡を用いた組成分析などで確認されている。またPtの添加により磁性膜の磁気異方性を向上できる。媒体Aにおける第 2 磁性膜 1 5 としては、例えばCo-50at%Pt合金、Co-20at%Pt-5at%Cr合金、Co-18at%Pt-10at%Cr合金などを用いることができる。第 2 磁性膜 1 5 は第 1 磁性膜 1 3 に比べて非磁性層の局所的な偏析構造は少なく、磁気的な孤立性は劣るが、磁気異方性定数は大きい。媒体Aにおける第 1 磁性膜 1 3 の膜面垂直方向の磁気異方性定数Ku_aは、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ から $4 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ の範囲であった。一方第 2 磁性膜の磁気異方性定数Ku_bは $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ から $1 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ の範囲であったが、第 2 磁性膜として例えばPt/Co多層膜垂直磁性膜あるいはPd/Co多層膜垂直磁性膜など更に大きいKu値 ($1 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 以上)を有する材料を用いると本発明の効果は一段と向上する。本実施例における媒体Aの第 1 磁性膜 1 3 の膜厚(t₁)、第 2 磁性膜 1 5 の膜厚(t₂)はそれぞれt₁=30 nm、t₂=20 nmとした。これら磁性膜厚はt₁≥t₂条件を満たしておれば、他の膜厚の組み合わせを用いても良い。第 2 磁性膜の上には保護膜 1 6 としてカーボン(c)膜を厚さ5 nm形成した。

【0017】本発明の他の実施例の媒体Bは、図 2 (b)に示すごとく、前記下地層 1 2 の上に第 1 磁性膜 1 3 として磁気的な孤立性の良い材料からなる薄膜を形成し、この上に非磁性中間層 1 4 を介して第 2 磁性膜 1 5 とし

て膜面垂直方向の垂直磁気異方性定数Kuが大きい磁性膜、及び保護膜 1 6 を形成して構成される。第 1、第 2 磁性膜の材料および膜厚は媒体Aと同様に設定できる。媒体Bにおいて、非磁性中間層 1 4 は、第 2 磁性膜 1 5 のエピタキシャル成長を促進する効果と、第 2 磁性膜の結晶粒の粗大化を押さえる効果、第 1、第 2 磁性膜間の磁気的相互作用の強さを制御する役割がある。非磁性中間層 1 4 の材料は、非磁性材料の前記の下地層 1 2 と同じものを用いることができ、その膜厚は 1 原子層以上、10 nm以下が望ましい。本実施例では5 nmとした。

【0018】比較のために図 2 (c)~(f)に示した構成の 5 種類の媒体を作製した。比較用媒体Aは、図 2 (c)に示した様に、基板 1 1 の上に形成した下地層 1 2 を介して単一の材料からなる磁性膜 1 3 を膜厚 50 nm、および保護層 1 6 を形成して構成される。ここでは磁性膜としては、媒体Aにおける第 1 磁性膜と同じ材料を用いた。比較用媒体Bは、図 2 (d)に示した様に、基板 1 1 の上に形成した下地層 1 2 を介して単一の材料からなる磁性膜 1 5 膜厚 50 nm、および保護層 1 6 を形成して構成される。ここでは磁性膜としては、媒体Aにおける第 2 磁性膜と同じ高Kuの材料を用いた。比較用媒体Cは、図 2 (e)に示した様に、基板 1 1 の上に下部磁性膜 1 7 を形成し、この上に上部磁性膜 1 8、保護膜 1 6 の順に形成した構造の媒体である。ここで下部磁性膜 1 7 としては、膜面垂直方向の保磁力(H_c)が小さい材料、例えば1000 Oe (エルステッド) 以下とし、本実施例ではCoNiRePやNiPからなる材料を用いた。上部磁性膜 1 8 としては、膜面垂直方向の保磁力が前記の下部磁性膜 1 7 に比べて大きい(1000~1500 Oe) 材料からなる、例えばCoNiRePを用いた。ここでは材料の組成を変えることにより、薄膜の保磁力を変えた。比較用媒体Dは、図 2 (f)に示した様に、非磁性体 1 9 と磁性体 2 0 が交互に積層された構造となっている。比較用媒体Dでは、非磁性体 1 9 として膜厚 0.4 nmのPd、磁性体 2 0 として膜厚 0.2 nmのCo-15at% Cr-3at% Ta合金膜とし、これを50周期積層した構造の媒体を用いた。この媒体の膜面垂直方向の磁気異方性定数Kuは、約 $8 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ であった。比較用媒体Eは、比較用媒体Dと同様に図 2 (f)に示した様に、非磁性体 1 9 と磁性体 2 0 が交互に積層された構造となっており、非磁性体 1 9 として膜厚1.2 nmのPt、磁性体 2 0 として膜厚0.4 nmのCoとしこれを20周期積層した構造の媒体を用いた。この媒体の膜面垂直方向の磁気異方性定数Kuは、約 $2 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ であった。

【0019】表 1 に本発明の実施例の媒体の特性を比較して示した。

【0020】

【表 1】

表 1

		保磁力 Hc (Oe)	Ku (erg/cc)	出力半減記録 密度 D ₅₀	ノイズ N/S ₀ at 250 kFCI ($\mu\text{Vrms}/\mu\text{Vpp}$)
本 発 明	媒体A	第2磁性膜 1800-2100 第1磁性膜 1500-2200	第2磁性膜 $5 \times 10^6 - 1 \times 10^7$ 第1磁性膜 $1 \times 10^6 - 4 \times 10^6$	290 kFCI	0.008
	媒体B	第2磁性膜 1800-2100 第1磁性膜 1500-2200	第2磁性膜 $5 \times 10^6 - 1 \times 10^7$ 第1磁性膜 $1 \times 10^6 - 4 \times 10^6$	295 kFCI	0.008
比 較 用 媒 体	A	1500-2200	$1 \times 10^6 - 4 \times 10^6$	220 kFCI	0.015
	B	1800-2100	$5 \times 10^5 - 1 \times 10^7$	160 kFCI	0.07
	C	下部磁性膜 <1000 上部磁性膜 1000-1500	1×10^6	125 kFCI	0.1
	D	2200	8×10^6	230 kFCI	0.012
	E	2000	2×10^7	175 kFCI	0.05

【0021】表において、磁気記録はリング型磁気ヘッド（トラック幅 $2\mu\text{m}$ 、ギャップ長 $0.2\mu\text{m}$ ）を使用し、再生は磁気抵抗効果型ヘッド（MRヘッド）を使用し、記録再生時の磁気スペーシング（媒体磁性膜の表面と磁気ヘッドの磁極間の距離） 30nm とした。表1において、出力半減記録密度 D_{50} は、低線記録密度（5 kFCI）の再生信号出力に対して再生信号出力が1/2になる線記録密度を示し、Flux Chang per Inch (FCI)で表示した。またノイズ N/S_0 は、線記録密度250 kFCIで測定したノイズを低線記録密度（5 kFCI）における再生信号出力で規格化した値で表示した。表1の比較から明らかな様に、本発明の媒体AおよびBは、比較用の従来媒体に比べて、高い出力半減記録密度と低ノイズ特性が実現されており、超高密度磁気記録に好適な媒体であることが明らかである。

【0022】媒体の低ノイズ特性の原因を比較するために、磁気記録した試料の記録磁化状態を磁気力顕微鏡（MFM: Magnetic Force Microscope）観察し、その結果を図3に比較して示す。

【0023】図3(a)は、前記図2(a)および(b)に示した本発明の媒体A、媒体Bの記録磁化状態の一例を示す。垂直磁気記録は媒体全面を直流消去した後に、前記のリング型の磁気ヘッドにより行った。図は、直流消去領域31、に記録磁区32を記録した状態を示している。図において、明暗のコントラストは、磁化の平均の向きが同じであることを示している。図から明らかなように、本発明の媒体A及び媒体Bでは、鮮明な記録磁区32が形成されており、また磁化遷移33の揺らぎも小さく、揺らぎの振幅は約 30nm と微細であり、これはこの媒体の磁性粒子の平均径とほぼ同じ大きさであった。

一方、図3(b)は、比較用媒体Aの記録磁化状態を示す。この場合、磁性薄膜の結晶配向を向上し、磁性粒子の微細化と磁気的な孤立性を改善することにより同図(b)のように、磁化遷移の揺らぎが小さい磁化鮮明な記録磁区を形成できるが、図に示したように、直流消去領域31や記録磁区32の内部に磁性結晶粒径の2倍以上の大きさの不規則な形をした不規則磁区34が多く形成される。この不規則磁区34は、主として反磁界の影響により磁化の向きと逆方向に形成される逆磁区と呼ばれるものであり、これら不規則磁区34は、記録再生時の媒体ノイズの原因となり、また高密度記録の障害になる。図3(c)は、比較用媒体Bの記録磁化状態を示す。この場合、磁性膜の磁気異方性定数が大きく設定されているが、磁性粒子間の磁気的な相互作用が強い。このため不規則磁区の生成は極めて少ないが、図に示したように磁化遷移の揺らぎ構造が極めて大きく、これが媒体ノイズの増大と記録密度向上の障害となる。図3(d)は、比較用媒体Cの記録磁化状態を示す。この場合、磁化遷移の揺らぎと不規則磁区の径が大きい。図3(e)は、比較用媒体Eの記録磁化状態を示す。この場合、媒体の垂直磁気異方性定数 K_u が $2 \times 10^7 \text{erg/cc}$ と大きいため、直流消去領域31や記録磁区32の内部に不規則磁区のない鮮明な記録磁区が形成されるが、磁性粒子間の磁気的相互作用が強く、このため磁化遷移33が大きく揺らいでいる。図3(f)は、比較用媒体Dの記録磁化状態を示す。この場合、磁化遷移の揺らぎ構造が小さく本発明の媒体に類似した鮮明な記録磁区が形成されるが、記録磁区32や直流消去領域31に不規則磁区34が形成される。

【0024】

9

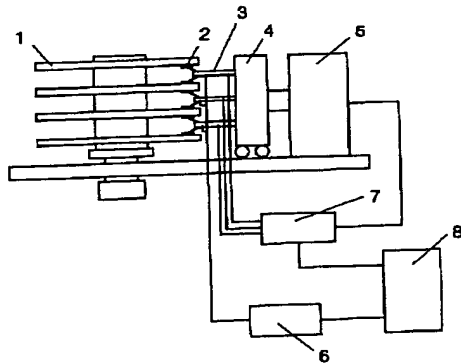
【発明の効果】以上詳細に説明したごとく、本発明のごとく基板上に垂直磁気異方性の異なる少なくとも2層以上の磁性膜を形成し、前記磁性膜において基板面から遠い側の第2の磁性膜の垂直磁気異方性を基板面に近い側の第1の磁性膜の垂直磁気異方性に比べて大きくし、基板面に近い側の第1の磁性膜の磁氣的孤立性を向上させる、いわゆる各々の磁性膜に役割分担を付与することにより、媒体ノイズの原因となる記録磁区の磁化遷移の揺らぎ構造が小さく、かつ不規則磁区構造の無い、再生信号の高S/N特性を有する超高面記録密度の磁気記録に好適な磁気記録媒体および磁気記録装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 磁気記録再生装置の説明図。

【図1】

図1



10

* 【図2】 本発明の磁気記録媒体の説明図。

【図3】 本発明の磁気記録媒体および比較用媒体の記録磁化状態の比較図。

【符号の説明】

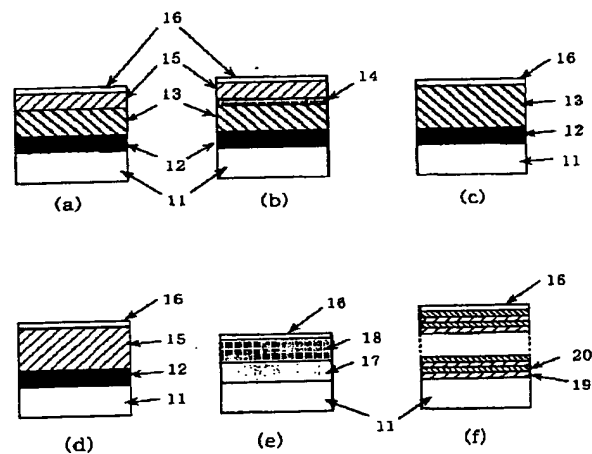
1…磁気ディスク、2…磁気ヘッド、3…サスペンション、4…アクチュエータ、5…ボイスコイルモータ、6…記録再生回路、7…位置決め回路、8…インターフェース制御回路、11…板、12…下地層、13…第1磁性膜、14…非磁性中間層、15…第2磁性層、16…保護膜、17…下部磁性膜、18…上部磁性膜、19…非磁性体、20…磁性体、31…直流消去領域、32…記録磁区、33…磁化遷移、34…不規則磁区。

10

*

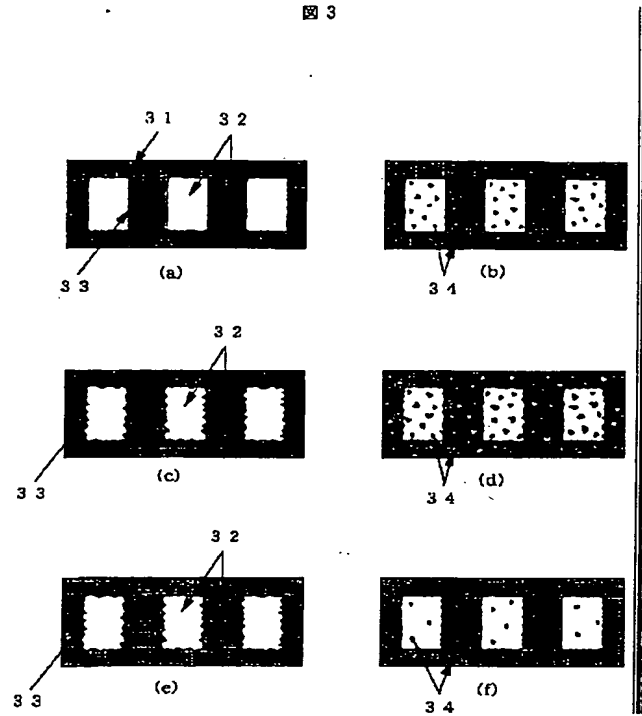
【図2】

図2



【図 3】

図 3



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 研也
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 二本 正昭
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)